

# Der Folienkondensator ein „Auslaufmodell“ ?

Diplom-Ingenieur (TU)  
Diplom-Wirtschafts-Ingenieur (TU)  
Wolfgang Westermann



**Ist der Folienkondensator dabei, ein Opfer des technischen Fortschritts zu werden oder handelt es sich bei ihm um ein passives elektronisches Bauelement, das bei oberflächlicher Betrachtung nur leichter als andere Gefahr läuft, unterschätzt zu werden, aber trotzdem nach wie vor Potential für die Zukunft besitzt? Diese Thematik soll aus der Sicht eines Spezialisten für Folienkondensatoren im Folgenden behandelt werden.**

## Der Folienkondensator ein RoHS-Opfer?

Diese alarmierende und gleichzeitig provokante Frage-

stellung ließ sich vor einiger Zeit als Schlagzeile einer bekannten Wochenzeitung für Elektronik [1] entnehmen. Sie war die Überschrift einer kleineren Rubrik, die wiederum Teil eines Diskussionsforums „Passive Bauelemente“ mit 11 Teilnehmern war. Nur zwei der 11 Gesprächsteilnehmer kamen von der Herstellerseite, die übrigen waren Vertreter bekannter Distributionsunternehmen. Dieses Forum behandelte inhaltlich noch nicht einmal die Thematik eventuell konkurrierender Bauelementetechnologien und ihre Zukunftsaussichten, sondern eher Fragen allgemeiner Natur, wie z.B. die weiteren wirtschaftlichen Aussichten für das Jahr 2005, Lieferzeiten, Preise, Einfluss der RoHS und WEEE-Thematik auf das Käuferverhalten, China als Markt bzw. Produzent und vieles andere mehr.

Womit sich in diesem Zusammenhang ausgerechnet der Folienkondensator eine gezielte Negativschlagzeile eingehandelt hatte, erschien nicht ganz plausibel. Die Thematik des „RoHS-Opfers“ wurde noch durch die zweifelnde Frage erweitert, ob der Folienkondensator mit der technischen Entwicklung der letzten Jahre überhaupt Schritt gehalten habe. Die Quintessenz also in wenigen Worten zusammengefasst: Der Folienkondensator ist nicht nur das künftige Opfer von RoHS, sondern überhaupt unter den passiven Bauelementen, insbesondere den Kondensatoren, ein Oldtimer, der längst den Anschluss an den technischen Fortschritt verloren hat.

Die Meinung der Diskussionsteilnehmer zu dieser These war geteilt. Während einer der Teilnehmer gezielt eine Lanze für die Entwicklungsfähigkeit des Folienkondensators und für die Tatsache brach, dass es in gewissen Applikationen für ihn in qualitativer Hinsicht keinen Ersatz gäbe, meinten andere wiederum, dass er, weil bedrahtet und zu teuer, durch Keramikbauteile zu ersetzen sei oder dass der Folienkondensator in SMD-Version nicht die höheren Löttemperaturen der RoHS-Umstellung überstehen würde. Nach diesem Statement der Distributoreseite äußerte sich nur einer der beiden Hersteller, der „auch“ Folienkondensatoren herstellt: „Wir treiben den SMD-Folienkondensator nicht voran, wir begünstigen in diesem Zusammenhang MLCCs.“ Der andere Hersteller, der unter anderem ebenfalls Folienkondensatoren herstellt, zog es vor, sich zu diesem kontroversen Thema auszuschweigen.

Sicherlich war es bedauerlich, dass kein Vertreter eines Spezialisten für Folienkondensatoren an besagter Diskussionsrunde teilgenommen hat und somit gewisse Argumente unausgesprochen geblieben sind. Dieses soll nun in vorliegender Form nachgeholt werden.

### **Folienkondensatoren und technischer Fortschritt**

Zunächst bleibt klarzustellen, dass RoHS nicht Ausdruck des technischen Fortschritts an sich, sondern allenfalls Ausdruck eines Fortschritts im Rahmen des Umweltschutzes ist. Das Ziel von RoHS ist die Herabsetzung der Belastung der Umwelt durch giftige Stoffe, die im späteren Elektronikschrott enthalten sind. Insbesondere sollen aus diesen Gründen in Zukunft elektronische Bauelemente, Platinen und Lotmaterialien bleifrei sein.

Für den Folienkondensator stellt Bleifreiheit, bezogen auf den materialmäßigen Aufbau, im Gegensatz zu manch anderer Kondensatorart überhaupt kein Problem dar. Allenfalls die höheren Temperaturen der RoHS-Umstellung aufgrund der Notwendigkeit des Einsatzes bleifreier Lote kann zu Problemen bei SMD-

Folienkondensatoren aus PET führen, da sie ganzkörpermäßig dem Temperaturstress des Lötvorgangs ausgesetzt sind. Für das Gros der Folienkondensatoren, ca. 80 bis 90 %, das nach wie vor in bedrahteter Form verarbeitet wird, stellt sich dieses Problem überhaupt nicht. Hiermit ist die Frage „Der Folienkondensator ein RoHS-Opfer?“ so pauschal nicht nur falsch gestellt, sondern auch ein ausgesprochener Unsinn.

Aber auch für SMD-Folienkondensatoren, gleich ob in Wickel- oder in Schichttechnik, ob nackt oder mit zusätzlicher Schutzumhüllung, sind die Antworten in Form wärmebeständiger Kunststoffdielektrika längst gefunden: Die seit Jahren handelsüblich verfügbaren Kondensatorfolien PEN und PPS.

Durch den Einsatz von temperaturbeständigen Kunststoffdielektrikumsfolien leisten SMD-Folienkondensatoren einen Beitrag zum technischen Fortschritt auch im Rahmen von RoHS. Ob der MLCC dazu uneingeschränkt in der Lage ist, ist dagegen fraglich. Er besteht zwar aus einem grundsätzlich nicht schmelzbaren Dielektrikumsmaterial, unterliegt aber infolge RoHS einem im Vergleich zu vorher weiter erhöhten Crack-Risiko durch die stärker auftretenden Temperaturspannungen während und unmittelbar nach dem Lötprozess. Der pauschale Hinweis, dass der Folienkondensator zuletzt gegenüber dem MLCC aufgrund dessen kleinerer Bauform und noch billigerer Preise Boden verloren haben soll, ist nicht zwingend die Folge eines wie auch immer gearteten technischen Fortschritts, sondern eher durch den globalen Kosten- und Preisdruck bedingt. Folge und Bestandteil des technischen Fortschritts ist jedoch die fortschreitende Integration. Und dieser Integration sind diskrete Positionen aller Standardkondensatoren, ob Folienkondensator oder MLCC, ob in bedrahteter oder in SMD-Version, zum Opfer gefallen.

Übrig bleibt die Frage, ob die anerkannt überlegene Qualität des Folienkondensators im Vergleich zu anderen Kondensatorarten, z.B. im Hinblick auf die Temperaturdrift des MLCC, nicht auch Bestandteil des technischen Fortschritts ist oder zumindest als einen Beitrag zu ihm angesehen werden kann. Der Beweis dafür, dass der Folienkondensator kein antiquiertes Auslaufprodukt ist, sondern für jede anspruchsvolle Applikation im Rahmen moderner Entwicklungen auch in Zukunft eine Problemlösung anbietet, soll im Folgenden am Beispiel des vielfältigen Artikelprogramms des Folienkondensatorherstellers WIMA erbracht werden.

### **WIMA SMD-Kondensatoren konform zu RoHS 2002/95/EC**

WIMA SMD-Kondensatoren mit PEN oder PPS Dielektrikumsfolien sind für bleifreie Lötprozesse ausgelegt

und können bei den dabei auftretenden erhöhten Temperaturen sicher verarbeitet werden.

Mit den Size Codes 1812, 2220, 2824, 4030, 5040 und 6054 sowie einem Kapazitätsspektrum von 1000 pF bis 6,8  $\mu$ F und einem Nennspannungsbereich von 63 V- bis 1000 V- decken sie nahezu den gesamten Anwendungsbereich konventionell bedrahteter Kunststofffolienkondensatoren ab. Alle WIMA SMD-Kondensatoren sind in Becher-Technologie gefertigt (Bild 1), die im Vergleich zu nichtumhüllten oder umpressten SMD-Ausführungen wesentliche Vorteile aufweist:

- Schutz des Kondensatorelements vor thermischen Überlastungen während des Bearbeitungsprozesses. Auch bei Verwendung von an sich temperaturbeständigeren Dielektrikumsfolien, wie PEN und PPS, ergibt sich dadurch im Zusammenhang mit bleifreien Lötprozessen eine größere Sicherheitsreserve als bei rein „nackten“ Versionen.
- Keine Gefahr interner Cracks aufgrund der konstruktionsbedingten Elastizität des Aufbaus.
- Keine Delaminationsgefahr durch ganzseitige, metallische SMD-Anschlussbleche.
- Flammhemmendes Kunststoffgehäuse gemäß UL 94 V-0.



Bild 1: WIMA SMD-Kondensator in Becherumhüllung

### WIMA Subminiaturkondensatoren im Rastermaß (Drahtabstand) 2,5 mm

WIMA Folienkondensatoren im Rastermaß 2,5 mm sind sowohl in metallisierter, ausheilfähiger als auch in impulsfester Film/Folien-Ausführung verfügbar (Bild 2). Als Dielektrikum stehen Polyester-, Misch- (Ersatz für Polycarbonat) und Polypropylenfolien zur Auswahl. Der Kapazitätswertbereich umfasst Werte von 100 pF bis 1,0  $\mu$ F und Spannungsreihen von 50 V- bis 400 V-.

Die Fertigung dieser extrem kleinen Filmkondensatoren ist nur unter Verwendung ultradünner Kunststoff-

folien, deren Stärken teilweise unter 8/1000 mm liegen, möglich. Die Verarbeitung dieser Folien auf Präzisionswickelmaschinen setzt ein hohes Maß an technischem Know-How voraus.

WIMA Kondensatoren im Rastermaß 2,5 mm eignen sich hervorragend zur HF-Entkopplung bis in den Bereich hoher Frequenzen und eröffnen neue Anwendungsmöglichkeiten in Applikationen für bedrahtete Bauelemente mit geringem Platzbedarf und hoher Packungsdichte.

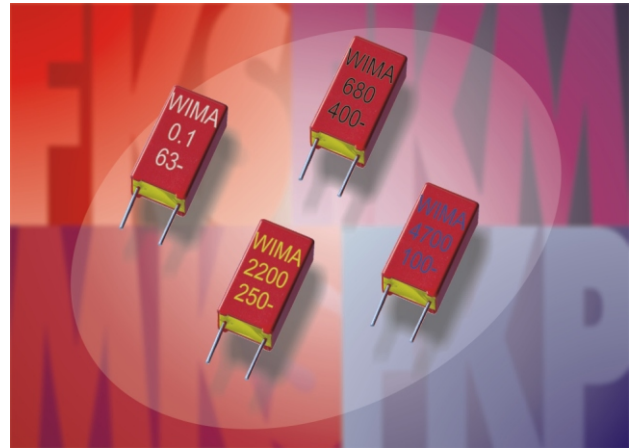


Bild 2: WIMA Kondensatoren im Rastermaß 2,5 mm

### WIMA Miniaturkondensatoren im Rastermaß 5 mm

WIMA Kondensatoren im Rastermaß 5 mm stehen sowohl in metallisierter als auch in Film/Folien-Ausführung sowie in drei verschiedenen Dielektrikumsarten zur Verfügung:

- Kondensatoren mit Polyesterdielektrikum (PET) eignen sich für allgemeine Anwendungen wie Koppeln, Entkoppeln und Abblocken. Durch den Einsatz ultradünner Folien können Kapazitätswerte bis 10  $\mu$ F im Rastermaß 5 mm erreicht werden. Für Anwendungstemperaturen bis +150° C, z.B. in der Kraftfahrzeugelektronik, der Licht- oder Sensortechnik, wurde die Reihe MKS 2-HT entwickelt. Sie basiert auf einer speziellen temperaturbeständigeren Polyesterfolie (PET-HT) und zeichnet sich durch stabile Kapazitäts-, Verlustfaktor- und Isolationswerte aus.
- Polypropylen-Kondensatoren (PP) finden Anwendung im Bereich hoher Frequenzen. Dazu gehören Schwingkreise, Netzteile, Zeilenablenkschaltungen, Oszillatorschaltungen und der Audio-Bereich. In impulsfester Film/Folien-Bauweise sind WIMA Polypropylenkondensatoren im Rastermaß 5 mm mit Nennspannung bis 1000 V- lieferbar.
- Mischdielektrikum-Kondensatoren werden überall dort eingesetzt, wo ein konstantes Verhalten über die Temperatur erforderlich ist. Sie ersetzen die nicht mehr

verfügbaren Polycarbonat-Kondensatoren z.B. in Filtern, Speicher-, Zeit- und Symmetriergliedern, aber auch in Anwendungen der Kfz-Elektronik und der Lichttechnik.

### WIMA Kondensatoren für erhöhte Anforderungen in den Rastermaßen 7,5 bis 37,5 mm

WIMA Kondensatoren für erhöhte Anforderungen umfassen ein breites Kapazitäts- und Spannungsspektrum und stehen als Polyester-, Polypropylen- oder Mischdielektrikum-Ausführung in metallisierter oder Film/Folien-Bauweise zur Verfügung.

Bei metallisierten Kondensatoren wird eine dünne Metallschicht als Elektrode auf eine Kunststoffolie aufgedampft (Bild 3). Durch diese Bauweise können Kondensatoren mit einem sehr günstigen Kapazitäts/Volumen-Verhältnis hergestellt werden. Den höchsten C-Wert erreicht dabei der WIMA MKS 4 mit  $220 \mu\text{F}/50 \text{V}$ .

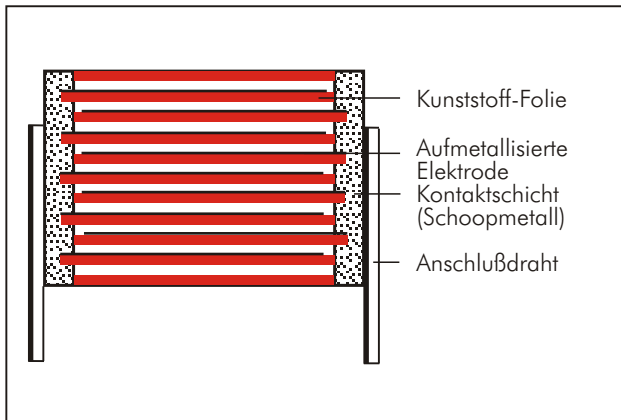


Bild 3: Aufbau eines metallisierten Kondensators

Eine weitere spezifische Eigenschaft metallisierter Kondensatoren ist die hervorragende Selbstheilfähigkeit. Im Falle eines elektrischen Durchschlages verdampft die Metallschicht um die Durchschlagsstelle herum und die betroffene Stelle wird dadurch isoliert (Bild 4). Dadurch bleibt der Kondensator voll funktionsfähig.

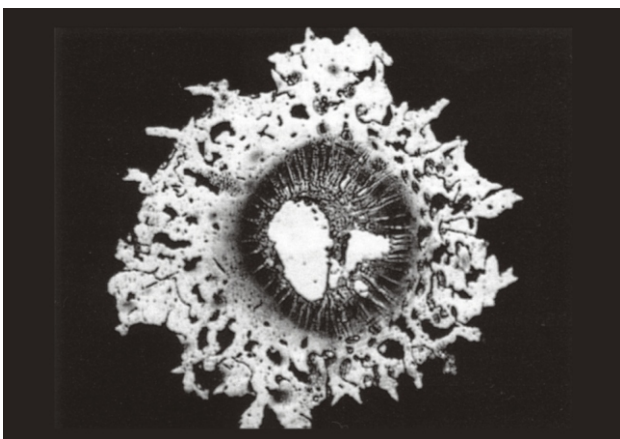


Bild 4: Mikroaufnahme eines Durchschlagkanals

Beim Film/Folien-Aufbau wird die Elektrode nicht aufgedampft sondern als Metallfolie zusammen mit der Dielektrikumsfolie gewickelt (Bild 5).

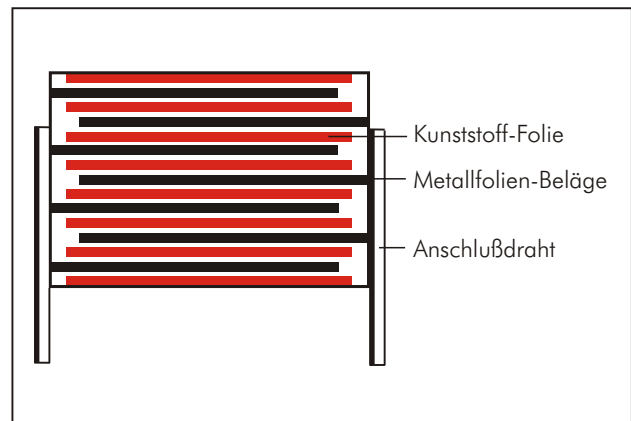


Bild 5: Aufbau eines Film/Folien Kondensators

Die so gefertigten Bauelemente besitzen aufgrund des niedrigeren Serienwiderstandes eine hervorragende Impuls- bzw. Strombelastbarkeit sowie einen sehr hohen Isolationswiderstand.

WIMA Kondensatoren für erhöhte Anforderungen stehen im Wertebereich von  $100 \text{ pF}$  bis  $220 \mu\text{F}$  mit Spannungsreihen von  $50 \text{V}$ - bis  $2000 \text{V}$ - zur Verfügung. Für Anwendungstemperaturen bis  $+150^\circ \text{C}$  wurde die Reihe WIMA MKS 4-HT auf der Basis einer speziellen temperaturstabilen Polyester-HT-Folie entwickelt. Für geräuschempfindliche Applikationen wird der WIMA MKS 4-LN (LN: Low Noise) als speziell bei Wechselbelastung geräuscharmer Spezialkondensator angeboten.

Auf Kundenwunsch können größere Bauformen als Sonderanfertigung in Vierdraht-Ausführung oder mit Anschlusslaschen gefertigt werden. Der Vorteil dieser Bauweise ist, neben einer verbesserten mechanischen Stabilität des Bauelements auf der Platine, eine exzellente elektrische Kontaktsicherheit.

### WIMA Impulskondensatoren für hohe Strombelastungen

Bei der Herstellung betriebssicherer, ausheilfähiger Impulskondensatoren mit Polypropylendielektrikum ist die Strombelastbarkeit der Kontaktierung, d.i. der Übergang zwischen Anschluss und Belag, ein wichtiges Konstruktionskriterium:

■ Das Aufbauprinzip der Reihe WIMA MKP 10 besteht aus einer nicht metallisierten Dielektrikumsfolie und einer doppelseitig metallisierten Belagfolie als Elektrode (Bild 6).

Die beidseitige Metallisierung verbessert die elektrische Leitfähigkeit und verdoppelt die Kontaktierungsfläche. Die bessere Verbindung zwischen Elektrodenbelag und Schoopschicht erlaubt eine hohe Strom- bzw. Impulsbelastbarkeit, während die Eigenschaften

metallisierter Kondensatoren, wie z.B. hervorragende Ausheilfähigkeit und hohe Volumenkapazität, erhalten bleiben.

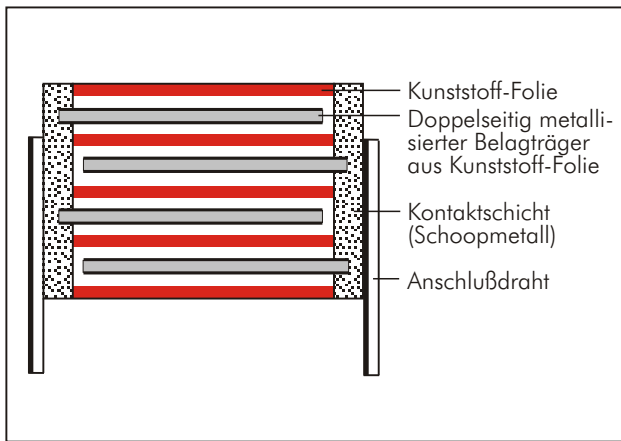


Bild 6: Aufbau WIMA MKP 10

■ Die Reihe WIMA FKP 4 ist als ausheilfähiger Film/Folien-Kondensator ausgelegt, der mit einer einseitig metallisierten Kunststoffolie und einer Metallfolie in Reihenschaltung gewickelt ist (Bild 7). Diese Konstruktionsweise erlaubt eine hohe Volumenkapazität bei gleichzeitig starker Impulsbelastbarkeit.

■ Für extreme Impulsbelastungen wurde die Reihe WIMA FKP 1 entwickelt. Sie ist mit einer internen

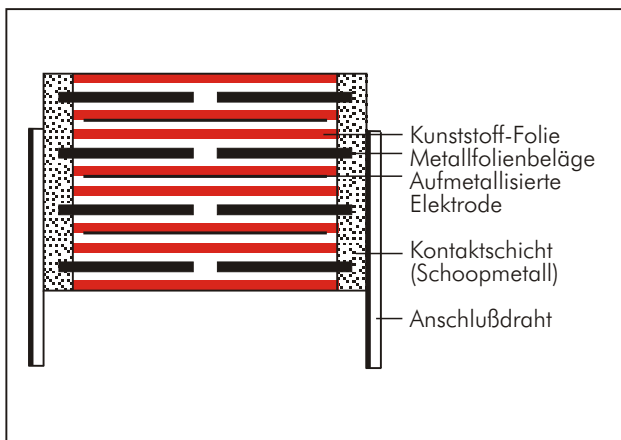


Bild 7: Aufbau WIMA FKP 4

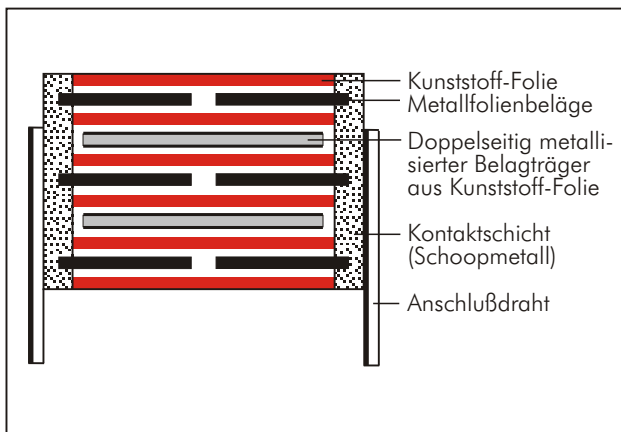


Bild 8: Aufbau WIMA FKP 1

Reihenschaltung realisiert, wobei Beläge aus Metallfolie mit einer beidseitig metallisierten Blindlage kombiniert sind. Die Metallfolienbeläge sind an der Stirnseite über die Schoopschicht flächenhaft kontaktiert, gleichzeitig ist der Kondensator durch die zweifach metallisierte Blindlage voll ausheilfähig (Bild 8). Der WIMA FKP 1 stellt in punkto Impulsbelastbarkeit das High-End der Kondensatortechnologie dar.

### WIMA Snubber- und GTO-Kondensatoren für hohe Strombelastungen

Für die Bedürfnisse der Hochleistungs-Umrichter-technik, zur Bedämpfung von Spannungsspitzen an IGBT und GTO-Thyristoren wurden in den letzten Jahren die WIMA-Reihen der Snubber- und GTO-Kondensatoren entwickelt:

■ WIMA Snubber-Kondensatoren enthalten Polypropylen-Impulskondensatoren, entweder in impulsfester, doppelseitig metallisierter Ausführung oder in ausheilfähiger Film/Folien-Technologie. Ihre Besonderheit sind verschraubbare Blechanschlusselemente, die für sicheren Kontakt bei hoher Dauerstrombelastung sorgen (Bild 9).

■ WIMA GTO-Kondensatoren werden im Trockenverfahren mit einer metallisierten Polypropylenfolie

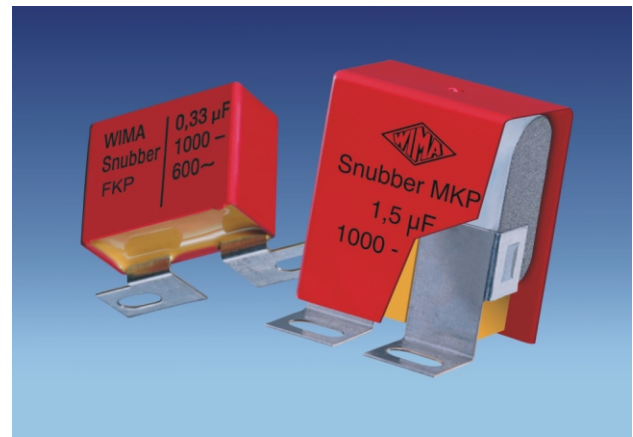


Bild 9: WIMA Snubber Kondensatoren

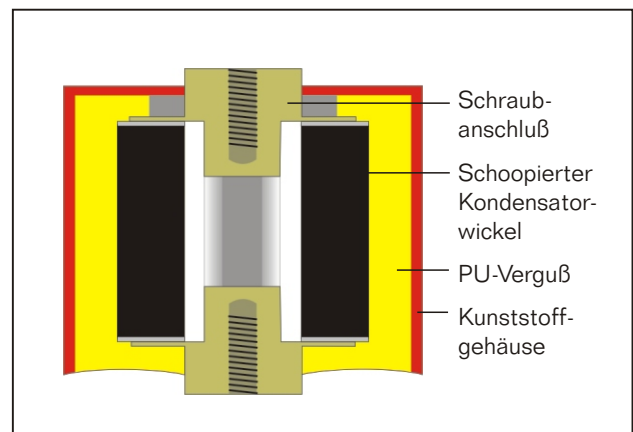


Bild 10: WIMA GTO-Aufbau

gewickelt und sind in einem zylindrischen Kunststoffbecher eingebaut und mit selbstverlöschendem Polyurethan-Harz vergossen. Die Stirnseiten sind jeweils mit axial herausgeführten Schraubverschlüssen sicher kontaktiert (Bild 10).

WIMA GTO-MKP-Kondensatoren sind mit Kapazitätswerten von  $1 \mu\text{F}$  bis  $100 \mu\text{F}$  und mit Nennspannungen von 400 V- bis 1500 V- erhältlich. Sie sind darüber hinaus sowohl mit M6 als auch mit M8 Gewindeanschlüssen verfügbar.

## WIMA Funkentstörkondensatoren

Funkentstörkondensatoren (Bild 11) dienen nicht nur zur Einhaltung der EMV-Bestimmungen, sondern schützen darüber hinaus das mit dem Netz verbundene Gerät vor netzseitigen Überspannungen.

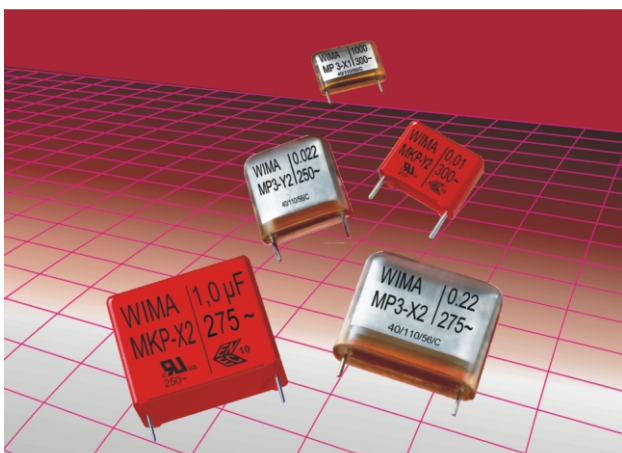


Bild 11: WIMA Funkentstörkondensatoren

Man unterscheidet bei Funkentstörkondensatoren zwischen Klasse X- und Klasse Y-Kondensatoren.

Klasse X Kondensatoren sind Kondensatoren mit „unbegrenzter Kapazität“, die zwischen Phase/Nullleiter oder Phase/Phase geschaltet werden. Klasse Y Kondensatoren sind Kondensatoren mit erhöhter elektrischer und mechanischer Sicherheit, die zwischen Phase und berührbarem, schutzgeerdetem Apparategehäuse angeschlossen werden und somit Betriebsisolationen überbrücken.

Die spezifische Nennwechselfspannung berücksichtigt gemäß IEC 60384-14 ein Ansteigen der Netzspannung bis 10 % über dem Nennwert.

Der Auswahl dieser Bauelemente ist daher besondere Sorgfalt zu widmen:

■ WIMA Polypropylen Funkentstörkondensatoren zeichnen sich durch höhere Kapazitätswerte und kleinere Bauformen im Vergleich zu Metallpapier-Kondensatoren aus. Sie sind mit Kapazitäten bis  $2,2 \mu\text{F}$  und Wechselfspannungen von 275 V $\sim$  und 300 V $\sim$  in den Klassen X2 und Y2 erhältlich. Aufgrund des verwendeten Dielektrikums besitzen sie ein sehr günstiges Preis/Leistungsverhältnis.

■ WIMA Metallpapier-Kondensatoren sind weder passiv noch aktiv entflammbar. Die unter Vakuum harz-impregnierten und mit selbstverlöschendem Gießharz umhüllten Bauteile heilen aufgrund der guten Oxidationsbilanz des Papierdielektrikums selbst bei energiereichen Impulsen hervorragend aus. Die Kondensatoren sind für Temperaturen bis  $+110^\circ\text{C}$  spezifiziert und stehen in den Klassen X1, X2 und Y2 zur Verfügung.

## Anmerkungen zu WIMA

Der Überblick über das Gebiet der Folienkondensatoren am Beispiel des WIMA-Artikelprogramms sollte verdeutlichen, dass die Folienkondensatortechnologie mit dem technischen Fortschritt der letzten Jahre durchaus Schritt gehalten hat und es auch in Zukunft tun wird.

Die Frage ließe sich nun über das Produkt hinaus erweitern: Hat überhaupt ein vorwiegend auf Folienkondensatoren spezialisierter Hersteller im Vergleich zum Broadliner noch genügend Zukunft?

Die Antwort lautet „Ja“. Die qualitativ Stärksten und wirtschaftlich Gesundesten werden sich als die Standhaftesten erweisen und die Zukunft meistern können. Voraussetzung ist die geglückte und nur auf den ersten Blick widersprüchliche Synthese aus Massenhersteller und High-Tech Nischenhersteller. Im Bereich der Folienkondensatoren ist der Produktspezialist dem „Bauelementealleskönner“ überlegen, dieses war bisher der Fall und wird auch in Zukunft so bleiben, insbesondere was technische Beratung bzw. Design-In angeht.

WIMA hat bis heute noch seine sämtlichen Produktionsstätten in Deutschland und somit im Gebiet der Europäischen Union und dieses sollte durchaus entgegen manch anderslautender „zeitgemäßer“ Denkweise als ein positiver Faktor betrachtet werden. Die Entwicklung im ursprünglichen Kernbereich der westlichen Hemisphäre, USA, Europa und Japan, spitzt sich zu. Globalisierungsrausch und -euphorie, Industrienomadentum und Kapitalismusdebatte kennzeichnen stichwortartig die Bandbreite des gegenwärtigen Fühlens, Denkens und Diskutierens.

„Made in Germany“ ist heute noch nicht mal in allen Fällen mehr „Made in EU“, sondern oftmals nur noch „Made under German Brand“.

Selbst unter strikter Zugrundelegung des globalen Ideals der Gleichheit, der Gleichheit aller Menschen bezüglich Ausbildung, Fleiß und Produktivität, d.h. dass es keine Rolle spielt, wo und mit wem man produziert, dass aus Gründen des globalen Wettbewerbs nur noch das niedrigste Lohnniveau zählt oder die räumliche Nähe zu den größten Märkten der Welt, kann die Zukunft neue Aspekte mit sich bringen.

Die letzten 15 Jahre haben mehr Überraschungen und Umwälzungen gebracht, als die 45 Jahre des „Kalten Krieges“ zuvor: Der Fall des Eisernen Vorhangs, die Wiedervereinigung Deutschlands, die Auflösung der Sowjetunion, die Öffnung und die beispiellos rasante Wirtschaftsentwicklung der Volksrepublik China, Börsenhype und Börsencrash, der beispiellose Terrorakt des 11. September 2001 und insgesamt vier Kriege, die in dieser relativ kurzen Zeit von der westlichen Führungsmacht USA geführt wurden. Statt einer weltweit ruhigen und friedvollen Entwicklung seit 1990 auf politischem und wirtschaftlichem Gebiet eine Fülle von Veränderungen, Umbrüchen und Überraschungen, die entweder sehr positiv oder sehr negativ waren und unsere bisherige Vorstellungswelt komplett gesprengt haben.

Die wirtschaftliche Zukunft der ursprünglich westlichen Hemisphäre wird ohne Bedenken heute auch in Regionen gesehen, die nicht nur ehemals unter kommunistischem Einfluss standen, sondern sogar heute noch kommunistisch regiert sind. Eines der jüngsten Beispiele hierfür ist Vietnam, die Jagd nach

noch niedrigerem Lohnniveau wird sicherlich dieser Logik langfristig folgend auch nicht vor Ländern wie Nordkorea halt machen.

China hat den Prozess der Aufnahme westlichen Know How's und uneingeschränkter technischer und wirtschaftlicher Aufrüstung durch den Westen schon fast abgeschlossen und wird in dieser Hinsicht mehr und mehr auf eigenen Beinen stehen. Es wird nun zusehends seine legitime Anerkennung nicht nur als wirtschaftliche, sondern auch als politische Supermacht der Zukunft einfordern. Natürlich ist zu hoffen und zu unterstellen, dass das Sinnbild des wiedererstarkten Reiches der Mitte, der „Chinesische Drache“, zahm bleibt und dass die Weltgemeinschaft, repräsentiert durch Asien und den Westen, weiterhin friedvoll und harmonisch zusammenarbeiten.

Es ist aber vielleicht kein Fehler oder Nachteil, wenn neben den Unternehmen, die ihren Produktionsschwerpunkt bereits nach Osten oder nach Asien gelegt haben, es einige gibt, die glauben, gute Gründe zu haben, es nicht tun zu müssen und die trotzdem potent und wettbewerbsfähig geblieben sind. Abge-

	PET	PP	PEN	PPS	NPO	X7R	Tantal
Dielektrizitätszahl 1 kHz/23° C	3,3 mit steigender Temperatur positiv	2,2 mit steigender Temperatur negativ	3,0 mit steigender Temperatur positiv	3,0 sehr konstant über Temperatur	12 ... 40	700...2000	26
Betriebstemperatur (° C)	-55...+105	-55...+100	-55...+125	-55...+140	-55...+125	-55...+125	-55...+125
Dielektrische Absorption (%)	0,5	0,05 ... 0,10	1,0	0,05	0,6	2,5	k. A.
ΔC/C über Temperatur (%)	±5	±2,5	±5	±1,5	±1	±15	±10
ΔC/C über Spannung (%)	vernachlässigbar	vernachlässigbar	vernachlässigbar	vernachlässigbar	vernachl.	-20	vernachl.
ΔC Alterung (%/h abnehmend)	vernachlässigbar	vernachlässigbar	vernachlässigbar	vernachlässigbar	vernachl.	2	k. A.
Verlustfaktor (%) 1 kHz 10 kHz 100 kHz	0,8 1,5 3,0	0,05 0,08 0,25	0,8 1,5 3,0	0,2 0,25 0,5	0,10 0,10 0,10	2,5	8
ESR	niedrig	sehr niedrig	niedrig	sehr niedrig	niedrig	mittel/hoch	hoch
Ris (MΩ · μF) 25° C 85° C	10 000 1 000	100 000 10 000	10 000 1 000	10 000 1 000	10 000 1 000	1 000 500	100 10
Kapazitätsspektrum von pF bis μF	220 ... 220	27 ... 100	1000 ... 6,8	10 000 ... 0,47	1... 0,1	100 ... 2,2	100 000 ... 1000
Kapazitätstoleranz (±%)	5/10/20	1/2,5/5/10	5/10/20	2,5/5/10/20	5/10	10/20	10/20
Ausheilfähigkeit	ja	ja	ja	ja	nein	nein	nein
Typisches Ausfallbild	hochohmig	hochohmig	hochohmig	hochohmig	Kurzschluß	Kurzschluß	Kurzschluß
Zuverlässigkeit	hoch	hoch	hoch	hoch	hoch	mittel	niedrig
Piezoelektrischer Effekt	nein	nein	nein	nein	ja	ja	ja
Mechanische und thermische Schock- empfindlichkeit	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	mittel/hoch	mittel/hoch	niedrig
Polarität der Anschlüsse	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja

Bild 12: Vergleich der unterschiedlichen Dielektrika

sehen von der politischen Frage, wie es in Zukunft möglich sein soll, für mehr als 700 Millionen Menschen in dieser ursprünglich westlichen Kernhemisphäre bei fortschreitender Entindustrialisierung auf die Dauer den gewohnten Lebensstandard aufrecht zu erhalten, so bleibt die Tatsache bestehen, dass diese Region für die verbleibende produzierende Industrie einen relativ krisensicheren und politisch stabilen Raum darstellt. Vielleicht macht dieses neben dem unterstellten Qualitätsstandard auch heute noch die Strahlkraft des „Made in Germany“, selbst in Asien, aus.

WIMA wird aus diesen Gründen seinen Schwerpunkt im Standort Deutschland bzw. in der EU beibehalten und wird national wie international seine Abnehmer finden, die diese Konstellation zu schätzen wissen.

### Fazit

Mag auch der Folienkondensator den Wettlauf in Sachen Miniaturisierung gegen den MLCC gerade auch im Zusammenhang mit SMT verloren haben, so ist er doch im Hinblick auf Konstanz, Güte und Sicherheit bei gleicher Kapazität und Nennspannung im Vergleich zu allen anderen Kondensatorarten nach wie vor unschlagbar [2] (Bild 12).

Der Trend geht heute auch nicht mehr in Richtung weiterer Miniaturisierung, sondern eher zu großen,

nicht imprägnierten Folienkondensatoren kleinerer und mittlerer Leistung: Kapazitätswerte mehrerer Hundert Mikrofarad und Nennspannungen im Bereich mehrerer Tausend Volt. Um die Ausheilfähigkeit solcher Kondensatoren sicherzustellen, wird innovativ zusehends die sogenannte Muster (Pattern)- bzw. Strukturmetallisierung eingesetzt. Metallisierte Folienkondensatoren in den Hybridfahrzeugen eines führenden japanischen Autoherstellers dienen zur Aufnahme von in elektrische Energie umgewandelter Bremsenergie und zur Unterstützung der Autobatterie bzw. als Hilfsstromquelle des Elektromotors [3].

Allein dieses Beispiel sollte genügen, um den Beitrag zum technischen Fortschritt, den der Folienkondensator nach wie vor auf den verschiedensten Gebieten zu leisten im Stande ist, hinreichend zu dokumentieren.

### Quellenverzeichnis

- [1] Markt & Technik, Elektromechnik & Passive Bauelemente, Sonderheft 2/April 2005, Seite 95
- [2] WIMA Hauptkatalog, Ausgabe 2005, Seite 10
- [3] CPES Annual Conference, Blackburg (VA), April 2005, "Towards a system integrated Drive for hybrid Traction". Dr. Martin Maerz, Fraunhofer Institut - IISB, Erlangen Germany.

